

DERWENT-ACC-NO: 1990-023495

DERWENT-WEEK: 199004

COPYRIGHT 2008 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Surface treatment device for semiconductor wafer - uses
line-by-line scanning via focussed laser beam to modify
semiconductor structure

INVENTOR: BUCHNER, R; HABERGER, K

PATENT-ASSIGNEE: FRAUNHOFER-GES FORD ANGE[FRAU] , FRAUNHOFER GES FOERDERUNG
ANGEWANDTEN[FRAU]

PRIORITY-DATA: 1988DE-3824127 (July 15, 1988)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 3824127 A	January 18, 1990	N/A	005	N/A
DE 3824127 C2	September 29, 1994	N/A	005	H01L

021/324

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 3824127A	N/A	1988DE-3824127	July 15, 1988
DE 3824127C2	N/A	1988DE-3824127	July 15, 1988

INT-CL (IPC): G02B026/10, H01L021/32 , H01L021/324

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3824127A

BASIC-ABSTRACT:

The device allows the internal structure of the semiconductor material to be altered adjacent the surface of the wafer, using a focussed laser beam directed onto the wafer surface via a cyclic deflector (3). This allows the laser beam to be scanned across the surface of the wafer line-by-line.

Pref. the deflector (3) comprises a rotating polygonal mirror, with each of the mirror surfaces (4) exhibiting a concave curvature between its side edges. The mirror surfaces may be made of polished metal or a series of dielectric layers, with the wafer displaced perpendicular to the beam scanning direction.

USE - For mfr. of 3-dimensional integrated circuit structure.

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3824127C

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

This device is intended for heat-treating the surface of a substrate and crystallising the polycrystalline or amorphous substrate material. The equipment includes a laser and means for moving the focussed laser beam over the surface of the substrate (5).

Between the laser (1) and the substrate, there is a rotating unit for the beam (2), guiding it cyclically, line by line, over the surface. This rotating unit is a polygonal wheel (3) with mirror surfaces (4), concave in shape for focussing the beam on the surface.

USE/ADVANTAGE - For semiconductor and 'chip' industries, in particular in production of three-dimensional integrated circuits. Large surfaces can be crystallised very uniformly.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2 Dwg.1/2

TITLE-TERMS: SURFACE TREAT DEVICE SEMICONDUCTOR WAFER LINE LINE SCAN FOCUS
LASER BEAM MODIFIED SEMICONDUCTOR STRUCTURE

DERWENT-CLASS: P81 U11 V07

EPI-CODES: U11-C03C; U11-C03J2; U11-C08C; V07-K05;

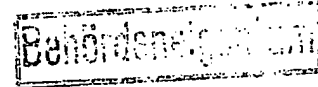
SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1990-017967



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 38 24 127.7
22 Anmeldetag: 15. 7. 88
43 Offenlegungstag: 18. 1. 90



DE 3824 127 A1

71 Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

74 Vertreter:

Haft, U., Dipl.-Phys.; Czybulka, U., Dipl.-Phys., 8000
München; Berngruber, O., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,
Pat.-Anwälte, 8232 Bayerisch Gmain

72 Erfinder:

Haberger, Karl, Dipl.-Phys., 8033 Planegg, DE;
Buchner, Reinhold, Dipl.-Phys., 8000 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 54 Vorrichtung zur Wärmebehandlung der Oberfläche eines Substrates, insbesondere zum Kristallisieren von polykristallinem oder amorphem Substratmaterial

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung der Oberfläche eines Substrates (5) und dadurch zur Änderung der inneren Struktur des Substratmaterials im Bereich der Oberfläche, insbesondere zum Kristallisieren von polykristallinem oder amorphem Halbleitermaterial im Rahmen der Herstellung dreidimensionaler integrierter Schaltungen. Um eine hohe Kristallisationsgüte zu erreichen, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, die Strahlung (2) eines Lasers (1) über eine zyklisch betätigbare Umlenkeinrichtung, vorzugsweise ein rotierendes Polygonrad (3) mit verspiegelten Umlenkflächen (4) zyklisch und zeilenförmig über die Substratoberfläche zu führen. Außerdem wird noch eine Relativbewegung senkrecht zur zeilenförmigen Bewegung des Laserstrahles zwischen dieser und dem Substrat (5) vorgenommen, so daß in einem Arbeitseingang auch große Substratflächen, z. B. mit Halbleiterbauelementen zu versehende Schichten aus Polysilizium oder amorphem Silizium kristallisiert werden können.

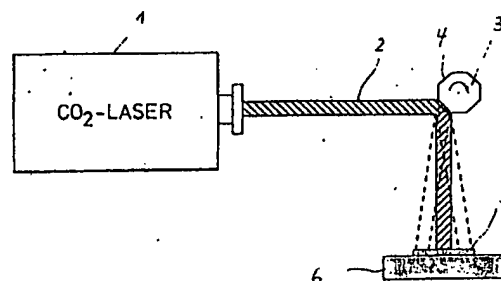


Fig. 1

DE 3824 127 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung der Oberfläche eines Substrates, insbesondere zum Kristallisieren von polykristallinem oder amorphem Substratmaterial.

Vorrichtungen zur Wärmebehandlung der Oberfläche eines Substrates werden z.B. bei der Herstellung großkristalliner Halbleiterschichten aus Polysilizium oder amorphem Silizium verwendet.

Der Entwicklungsweg der Halbleitertechnologie geht zu immer höheren Integrationsdichten mit einer steigenden Anzahl von Funktionselementen pro Fläche und gleichzeitig zu größeren Chip-Flächen. Ein zusätzlicher Weg wird darin gesehen, auf einem Halbleiter-Chip Bauelementeebene in übereinander angeordneten Schichten aufzubauen. Voraussetzung für die Herstellung von integrierten Schaltkreisen in den einzelnen Schichten ist, daß das Schichtmaterial, im allgemeinen Silizium Bauelementequalität aufweist, d.h. möglichst groß- oder gar monokristallin ist. Nur auf diese Weise ist es möglich, Bauelemente wie Transistoren in den einzelnen Schichten zu erhalten, die in der Qualität den herkömmlich in Monokristalliten hergestellten Bauelementen gleichwertig sind.

Ein aussichtsreiches und erprobtes Verfahren zur Herstellung mehrschichtiger Aufbauten, die allgemein als dreidimensionale integrierte Schaltungen bezeichnet werden, ist die Kristallisation mittels Licht- und insbesondere Lasereinstrahlung. Hierzu wird die bereits gefertigte Substratbauelementeebene mit einem Isolator beschichtet, z.B. durch Abscheiden von Siliziumdioxid SiO_2 aus der Gasphase und planarisiert. Auf dieses Oxid wird anschließend Polysilizium oder amorphes Silizium abgeschieden. Die Dicke der beiden Schichten liegt jeweils bei typisch $0,5 \mu\text{m}$. Darüber kann eine weitere Schicht aus einem Isolator, insbesondere wiederum Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid Si_3N_4 aufgebracht werden. Diese Schichtfolge, insbesondere die Schicht aus Polysilizium oder amorphem Silizium, wird durch Energieeinstrahlung erwärmt und aufgeschmolzen, wobei die Schmelzzone lateral über die Schicht geführt wird. Bei geeigneter Prozeßführung erstarrt die Schicht aus Polysilizium oder amorphem Silizium nach dem Durchgang der Schmelzzone großkristallin und im Idealfall monokristallin.

Rekristallisationsverfahren dieser Art sind in den letzten Jahren ausführlich untersucht worden. Dabei kamen als Energiequelle Laser, insbesondere Argonlaser, CO_2 -Laser, Blitzlampen, Graphitstreifenheizer, Halogenlampenheizer usw. zum Einsatz. Einen Überblick über die verschiedenen Verfahren gibt der Artikel von Akasaka in IEEE Proceedings, Dezember 1986, Seiten 486 ff.

Für die Rekristallisation dünner Polysiliziumschichten über bereits mit Bauelementen versehenen Siliziumschichten sind Leistungsdichten von wenigstens 100 W cm^{-2} nötig. Hierdurch gelingt es, zwischen der Polysiliziumschicht und der Oberfläche der hiervon durch die dünne Isolatorschicht thermisch isolierten Halbleiterplättchen einen Temperaturgradienten herzustellen, der groß genug ist, daß die unter der Polysiliziumschicht liegenden bereits Bauelemente enthaltenden Schichten nicht durch hohe Erhitzung und die dadurch bedingte Diffusion zerstört werden. Üblicherweise werden die an ihrer Oberfläche zu rekristallisierenden Halbleitersubstrate durch eine flächenhomogene Vorheizvorrichtung auf mehrere 100°C erhitzt, um die

beim Passieren der Schmelzfront entstehenden thermischen und mechanischen Spannungen gering zu halten. Bisher bekannte Vorrichtungen zur Kristallisation von Polysilizium oder amorphem Silizium mit Hilfe von Laserstrahlung fokussieren diese in einen typisch 10 bis $1000 \mu\text{m}$ großen bzw. breiten Strich, der durch eine Relativbewegung des Substrates zeilenartig über die zu bestrahlende Oberfläche geführt wird. Bei solchen Verfahren entstehen jedoch an der Grenze zwischen verschiedenen Kristallisationsbahnen bevorzugt Diskontinuitäten, so z.B. Korngrenzen, die die für Bauelemente benötigte Qualität des kristallisierten Halbleitermaterials verringern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung der Oberfläche eines Substrates, insbesondere zur Kristallisation von polykristallinem oder amorphem Halbleitermaterial im Rahmen der Herstellung dreidimensional integrierter Schaltungen anzugeben, mit der das Substratmaterial im Oberflächenbereich großflächig mit hoher Gleichmäßigkeit umstrukturiert werden kann.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Demgemäß wird die Laserstrahlung nach Art einer Abtastbewegung lateral über die Substratoberfläche geführt, wobei diese zyklische Bewegung mit Hilfe einer Umlenkeinrichtung zwischen Laser und Substrat erfolgt, z.B. ein Schwenkspiegel und vorzugsweise mit Hilfe eines Polygonrades. Die Bahnlänge der die Substratoberfläche überstreichenden Laserstrahlung kann bis zu 150 Millimeter betragen, so daß in der Regel die gesamte Breite eines Halbleitersubstrats überstrichen wird. Die verspiegelten Umlenkflächen des Polygonrades werden vorzugsweise zwischen ihren seitlichen Kanten konkav geformt, wodurch die üblicherweise einige Millimeter bis zu einem Zentimeter breite Laserstrahlung zu einem Strich fokussiert wird. Durch diese Anordnung kann ein linienförmiger Fokusbereich mit einer Breite bis herab zu etwa $120 \mu\text{m}$ hergestellt werden. Die minimale Breite ist durch die Präzision des Polygonrades und letztendlich durch elementare optische Gesetze begrenzt. Die Länge der durch den Linienfokus überstrichenen Bahn ist geometriebedingt. Zeitlich integral während des Durchgangs je einer spiegelnden Umlenkfläche werden typisch 10 bis 30 Zentimeter überstrichen. Das Polygonrad kann mit Umdrehungsfrequenzen bis zu vielen tausend Umdrehungen pro Minute rotieren und lenkt die Laserstrahlung zyklisch auf die Oberfläche des Substrats, das auf einem Arbeitstisch gelagert ist. Der Arbeitstisch ist hierbei vorzugsweise mit einer Heizvorrichtung versehen, mit der das Substratmaterial vorgeheizt wird. Der Arbeitstisch und der zeilenförmig über das Substrat gelenkte Laserstrahl können zusätzlich noch eine Relativbewegung, üblicherweise senkrecht zu der Zeilenbahn ausführen. Am einfachsten läßt sich dies durch eine mechanische Verschiebung des Arbeitstisches realisieren. Dabei liegen typische Vorschubgeschwindigkeiten im Bereich von $1 \mu\text{m}$ bis zu 1 cm pro Sekunde.

Die Umlenkeinrichtung, d.h. vorzugsweise das verspiegelte Polygonrad, erfüllt mehrere Aufgaben. Das Polygonrad lenkt den Laserstrahl im wesentlichen senkrecht auf die Oberfläche des Substrats. Durch die konkave Bearbeitung der spiegelnden Umlenkflächen wird der üblicherweise einige Millimeter breite Laserstrahl zu einem Strich fokussiert. Durch die Drehung des Polygonrades überstreicht dieser Strichfokus einen durch

die Geometrie der Anordnung definierten Winkel. Durch Fokussierung und Drehung werden Inhomogenitäten des Laserstrahls gemittelt, insbesondere eine laterale Energieverteilung, Modeninstabilitäten, Intensitätsverzerrungen usw. Außerdem reduziert die Drehung des Polygonrads die thermische Belastung der Spiegelflächen.

Die effektive Leistungsdichte der Laserstrahlung auf der Substratoberfläche in im zeitlichen Mittel näherungsweise durch den Quotienten aus fokussierter Leistung und effektiver Fläche des Linienfokus des Laserstrahles auf der Substratoberfläche definiert und kann, je nach geometrisch konstruktiver Auslegung der Vorrichtung bis zu 10^6 W cm^{-2} betragen. Bedingt durch das zyklische zeilenförmige Überstreichen der Laserstrahlung erfolgt die Einkoppelung dieser mittleren Leistung nicht kontinuierlich, sondern in Pulsen mit einer Frequenz, die durch das Produkt aus der Umdrehungsfrequenz des Polygonrades und der Anzahl der Spiegelflächen definiert ist. Die Temperatur an einem festen Punkt der Oberfläche des Substrates folgt dieser intermittierenden Bestrahlung, wobei der zeitliche Temperaturverlauf durch Wärmeleitprozesse und die Wärmekapazität d.h. die Schmelzwärme der Schicht an der Oberfläche des Substrats gegeben ist. Bei geeigneter Umdrehungsgeschwindigkeit des Polygonrades kann dadurch ein vielfaches Schmelzen und Wiedererstarren der Oberfläche des Substrats auftreten, was die Entstehung großer Kristallite begünstigt.

Mit einer Vorrichtung gemäß der Erfindung kann die Oberfläche eines mehrschichtigen Siliziumplättchens zur Herstellung dreidimensionaler integrierter Schaltungen mit einer Leistungsdichte aufgeschmolzen werden, die für eine hinreichend große Temperaturdifferenz zwischen der zu schmelzenden Schicht aus Polysilizium oder amorphem Silizium und der darunter liegenden bereits Bauelemente enthaltenden Siliziumschicht geeignet ist. Für die Erzielung von Monokristalliten wird das erwärmte Material in herkömmlicher Weise einem Zonenziehprozeß oder einem Epitaxieprozeß unterworfen.

Die beschriebene Vorrichtung kann nicht nur zur Kristallisation von Halbleitermaterial bei der Herstellung dreidimensionaler integrierter Schaltungen verwendet werden, sondern z.B. auch zum Tempern von Siliziumscheibern. Ein solcher Tempersschritt ist z.B. nach der Ionenimplantation in Siliziumscheiben erforderlich, um die bei der Implantation entstandenen Strahlenschäden auszuheilen und die implantierten Dotieratome zu aktivieren. Herkömmliche Tempersschritte erfordern üblicherweise Temperaturen von etwa 900°C bei Tempordauern von 30 Minuten. Das Tempern erfolgt üblicherweise in Rohröfen. Mit der Vorrichtung gemäß der Erfindung können Halbleiterscheibchen zum Tempern oberflächlich stark erwärmt werden, so daß der Temperprozeß auf wenige Sekunden abgekürzt werden kann. Eine Anwendung der Vorrichtung ist auch zur Erwärmung von Polymeren geeignet oder zur Erzielung von thermischen Relaxationsprozessen in dem zu erwärmenden Material, z.B. Diffusion von Fremdatomen und/oder der Ablauf chemischer Reaktionen, z.B. Oxidationen.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor. Die Erfindung ist in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Vorrichtung gemäß der Erfindung zur Herstellung großkristalliner

Halbleiterschichten und

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung.

Ein CO_2 -Laser 1 sendet einen im wesentlichen parallelen Laserstrahl 2 auf ein drehendes Polygonrad 3 und trifft dort auf verspiegelte Polygonflächen 4, wodurch der Laserstrahl 2 um etwa 90° umgelenkt und in einer zeilenförmigen zyklischen Bewegung über die Oberfläche eines plättchenförmigen Siliziumsubstrates 5, das auf einem Arbeitstisch 6 angeordnet ist. Der durch die Drehung des Polygonrades 3 erzielte Umlenkbereich des Laserstrahles 2 und damit die bestrahlte Bahnlänge auf der Substratoberfläche beim Vorgang des Überstreichens ist in Fig. 1 gestrichelt dargestellt.

Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, sind die verspiegelten Umlenklflächen 4 zwischen ihren seitlichen Rändern konkav ausgebildet, so daß der Laserstrahl 2 auf der Oberfläche des Siliziumsubstrates 5 linienförmig fokussiert wird. Der Arbeitstisch 6 ist noch mit einer nicht gezeigten Heizeinrichtung ausgerüstet, um das Siliziumsubstrat auf eine Temperatur von mehreren 100°C vorzuheizen. Außerdem ist noch eine Vorschubeinrichtung vorgesehen, mit der der Arbeitstisch 6 senkrecht zur zeilenförmigen Bewegung des Laserstrahles bewegt werden kann, wie in Fig. 2 durch Vangedeutet.

Der CO_2 -Laser 1 weist typische Leistungen zwischen 100 W und einigen kW auf. Die verspiegelten Umlenklflächen 4 des Polygonrades 3 sind aus poliertem Metall und/oder einer oder mehreren dielektrischen Schichten hergestellt. Das Siliziumsubstrat 5 ist z.B. ein wie oben beschriebenes mehrschichtiges Plättchen, in dessen einer Schicht bereits Halbleiterbauelemente realisiert sind, wohingegen die obere Schicht aus Polysilizium oder amorphem Silizium besteht, die z.B. durch einen Zonenziehprozeß oder einem Epitaxieprozeß kristallisiert werden soll.

Mit einer beschriebenen Vorrichtung kann mit einer Laserleistung von 600 W eine Polysiliziumschicht auf einer Siliziumscheibe mit 100 Millimeter Durchmesser in etwa 120 Sekunden kristallisiert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Wärmebehandlung der Oberfläche eines Substrates und dadurch zur Änderung der inneren Struktur des Substratmaterials im Bereich der Oberfläche, insbesondere zum Kristallisieren von polykristallinem oder amorphem Substratmaterial im Rahmen der Herstellung dreidimensionaler integrierter Schaltungen, mit einem Laser, dessen fokussierte Laserstrahlung über die Oberfläche des Substrats geführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Laser (1) und Substrat (5) eine zyklisch betätigbare Umlenkeinrichtung (3) für die Laserstrahlung und zum zeilenförmigen zyklischen Lenken der fokussierten Laserstrahlung (2) über die Oberfläche des Substrates (5) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkeinrichtung ein Polygonrad (3) mit verspiegelten Umlenklflächen (4) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die verspiegelten Umlenklflächen (4) des Polygonrades (3) zum Fokussieren der Laserstrahlung (2) auf die Oberfläche des Substrats (5) zwischen ihren seitlichen Kanten konkav geformt sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkfläche (4) der Umlenkeinrichtung (3) für die Laserstrahlung (2) aus poliertem Metall und/oder einer oder mehreren dielektrischen Schichten besteht.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (5) senkrecht zur Zeilenrichtung der die Oberfläche des Substrats (5) überstreichende Laserstrahlung (2) verschiebbar ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

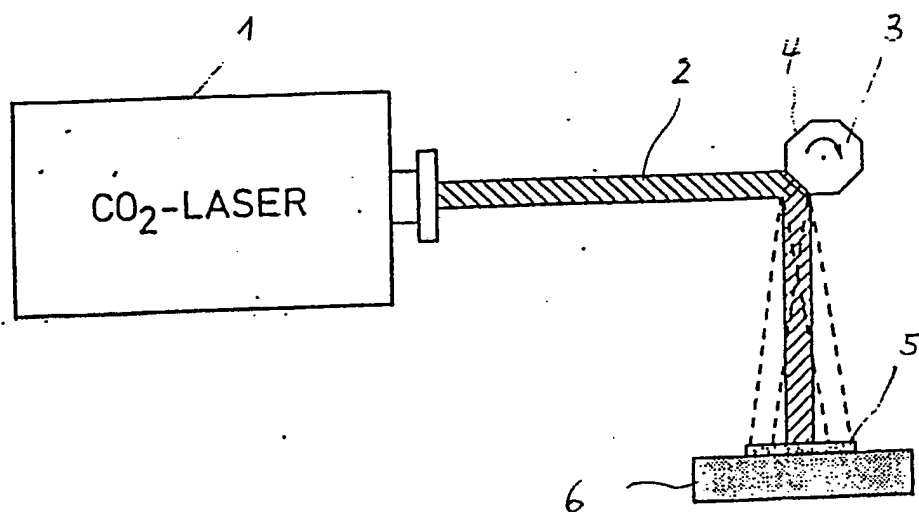


Fig. 1

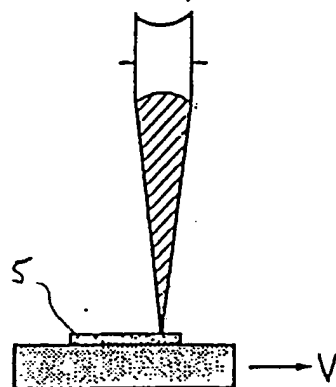


Fig. 2